

Estaciones Terrestres Satelitales

Gaitan Rodriguez Harrizon
hhgaitanr@sanmateo.edu.co
Fundación Universitaria San Mateo

Resumen—Las estaciones terrestres satelitales son elementos cruciales en la infraestructura espacial moderna. Su importancia radica en su capacidad para permitir la comunicación y la recopilación de datos desde satélites en órbita, lo que tiene un impacto significativo en la vida cotidiana y en la ciencia. La continua evolución tecnológica y la colaboración internacional seguirán siendo fundamentales para mantener y mejorar estas instalaciones en el futuro.

Palabras claves—antenas, configuración, estación, posicionamiento, satelital.

I. INTRODUCCIÓN

Las estaciones terrestres satelitales son componentes esenciales de la infraestructura de comunicaciones y observación de la Tierra en la era espacial. Estas instalaciones permiten establecer una conexión vital con satélites en órbita, lo que posibilita una amplia gama de aplicaciones en campos como las telecomunicaciones, la navegación, la observación de la Tierra y la ciencia espacial. En este informe, exploraremos en detalle qué son las estaciones terrestres satelitales, su función fundamental y su importancia en el mundo actual.

II. METODOLOGÍA

■ Estación terrestre satelital.

Las estaciones terrestres para satélites son infraestructuras en la superficie terrestre diseñadas específicamente para establecer una comunicación en tiempo real y directa con los satélites. El personal de estas instalaciones se encarga de emitir y recibir las señales de radio al satélite y mantener el control como centro de mando de la red de los satélites.

Además, desde las estaciones terrestres, es posible tanto analizar los datos recopilados como transmitirlos a otras ubicaciones para su posterior análisis.

Por lo general, se colocan estas estaciones en lugares estratégicos de todo el mundo con el propósito de asegurar una cobertura global y una conectividad sólida para una amplia gama de aplicaciones, que incluyen telecomunicaciones, transmisión de datos, detección.. [1]



Figura 1. Estacion Terrestre.

■ Partes de una estación terrestre.

Una estación terrestre satelital consta de varios componentes esenciales que trabajan juntos para facilitar la comunicación con los satélites en el espacio. Estos componentes pueden variar según el propósito y la complejidad de la estación terrestre, pero aquí hay algunas partes comunes que suelen estar presentes:

Antenas: Las antenas parabólicas son componentes esenciales que se utilizan para transmitir señales de radio hacia los satélites y recibir señales entrantes. Pueden ser antenas parabólicas u otros tipos, dependiendo de la aplicación y la frecuencia.

Equipos de transmisión y recepción: Estos equipos incluyen transmisores y receptores de radiofrecuencia que

permiten la comunicación bidireccional con los satélites.

Sistema de seguimiento y control: Estos sistemas permiten a la estación terrestre mantener el contacto con el satélite en movimiento, ajustando continuamente la posición de la antena para garantizar una conexión estable.

Equipos de procesamiento de datos: Estos equipos se encargan del procesamiento de las señales de radio recibidas y enviadas, así como del almacenamiento y análisis de datos.

Unidades de control y monitoreo: Estas unidades se utilizan para controlar y monitorear el rendimiento de la estación terrestre y sus diferentes componentes, asegurando que todo funcione de manera eficiente y confiable.

Sistema de energía y respaldo: Las estaciones terrestres suelen contar con sistemas de energía redundantes y de respaldo para garantizar un funcionamiento continuo en caso de cortes de energía o emergencias.

La configuración y las partes específicas de una estación terrestre pueden variar según su propósito, y la escala de la estación terrestre en cuestión. [2]

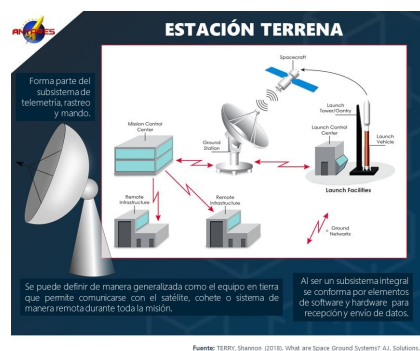


Figura 2. Partes estación terrestre.

■ Funcionamiento de una estación terrestre.

El funcionamiento de una estación terrestre satelital implica una serie de pasos coordinados que permiten

establecer y mantener la comunicación con los satélites en órbita. Aquí se describe un proceso general:

Recepción de la señal del satélite: La antena parabólica de la estación terrestre recibe las señales de radiofrecuencia emitidas por el satélite. Estas señales pueden contener datos, información de telemetría, comandos o cualquier otra información que el satélite esté transmitiendo.

Procesamiento de señales: La señal recibida se envía a los equipos de transmisión y recepción, donde se realiza el proceso de demodulación para convertir la señal de radio en datos digitales comprensibles. Esta etapa también puede implicar el filtrado de ruido y otras interferencias para mejorar la calidad de la señal.

Procesamiento de datos: Los datos digitales resultantes se envían a los equipos de procesamiento de datos, donde se pueden realizar diversas tareas, como el almacenamiento, análisis, procesamiento adicional y transmisión a otros destinos, según los requisitos específicos de la aplicación.

Control y seguimiento del satélite: El sistema de seguimiento y control ajusta continuamente la posición de la antena para mantener el enlace de comunicación con el satélite a medida que se mueve a lo largo de su órbita. Esto implica el cálculo preciso de la posición del satélite y la orientación de la antena para mantener una conexión estable y de alta calidad.

Transmisión de señales al satélite: Si es necesario, la estación terrestre puede transmitir señales al satélite, lo que podría incluir comandos de control, actualizaciones de software, correcciones de órbita u otra información relevante para el funcionamiento del satélite.

Monitoreo y mantenimiento: Durante todo el proceso, se realiza un monitoreo constante del rendimiento de la estación terrestre para garantizar su

funcionamiento eficiente y confiable. Se llevan a cabo tareas de mantenimiento preventivo y correctivo según sea necesario para mantener la estación en óptimas condiciones de funcionamiento.

Este proceso general puede variar en detalle dependiendo de la complejidad de la red satelital y los requisitos específicos de la aplicación.

Una estación terrena consta de 4 bloques o subsistemas principales que organizados tienen la estructura mostrada en la figura. [3]

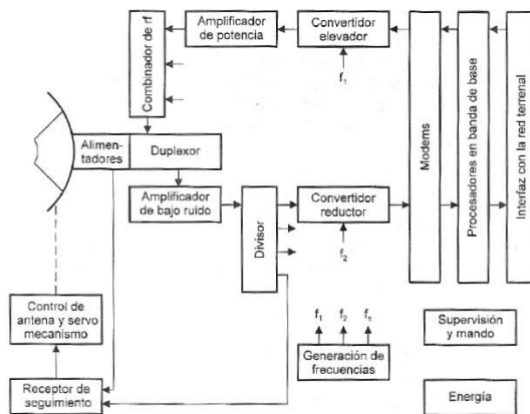


Figura 3. Estructura general de una estación terrena.

- **Subsistema de antena.**

Las antenas utilizadas en estaciones terrenas deben tener ciertas características que permitan un correcto enlace con el satélite deseado, estas son:

*Alta directividad, en la dirección de la posición nominal del satélite.

* Baja directividad en las demás direcciones, en especial en las cercanas al satélite.

Para garantizar una comunicación efectiva y minimizar las interferencias con otros sistemas de microondas, tanto terrestres como satelitales, las

antenas en las estaciones terrestres deben tener patrones de radiación con los lóbulos laterales niveles bajos en el patrón de radiación significan que la antena concentra la mayor parte de su energía en la dirección deseada .

[4]

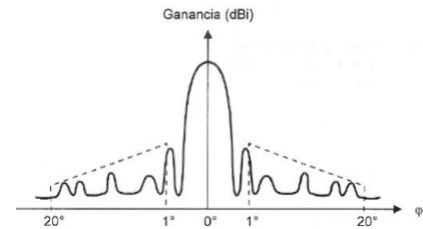


Figura 4. Patrón de radiación que muestra las limitaciones de lóbulos laterales de una antena de estación terrena..

- **Ganancia y eficiencia de la antena para las frecuencias tanto de bajada como de subida.**

Los factores que mencionamos son críticos para la eficiencia total de una antena en una estación terrestre satelital.

Desbordamiento del Reflector: El desbordamiento del reflector se refiere a la radiación de microondas que no es reflejada por el reflector de la antena y se "desborda" en direcciones no deseadas. Esto puede reducir la eficiencia al dispersar parte de la energía de la señal.

Gradiente de iluminación no uniforme: Un gradiente de iluminación no uniforme implica que la intensidad de la señal reflejada por el reflector no es consistente en toda la superficie de la antena. Esto puede llevar a una distribución desigual de energía y afectar la calidad de la señal transmitida o recibida.

Pérdidas Óhmicas: Las pérdidas óhmicas se deben a la resistencia eléctrica en los conductores y componentes de la antena. Cuanto más bajas sean estas pérdidas, mejor será la eficiencia de la antena. Ondas

Estacionarias: Las ondas estacionarias pueden ocurrir en los conductores de la antena y provocar reflexiones de energía no deseadas. Esto puede afectar negativamente la eficiencia de la antena.

Obstrucción: Las obstrucciones en el camino de la señal, ya sean causadas por el alimentador, su soporte o el subreflector, pueden interferir con la propagación de la señal y reducir la eficiencia.

Irregularidades de la Superficie del Reflector: Las imperfecciones en la superficie del reflector pueden distorsionar la radiación de la antena y afectar su eficiencia.

Para la instalación y funcionamiento de una antena que se enlazará con un satélite geoestacionario, se definen 3 conceptos importantes:

- Orientación
- Montaje
- Rastreo

Orientacion:

La orientación de la antena de una estación terrena hacia un satélite geoestacionario es realizada ajustando dos ángulos, en elevación y acimut. Estos ángulos son medidos tomando como referencia a la línea sobre la cual la antena tiene ganancia máxima, y en el caso de una antena parabólica, dicha referencia es el eje del plato parabólico. El ángulo de elevación se define como el ángulo formado por el plano horizontal local y la línea de vista entre la estación terrena y el satélite.

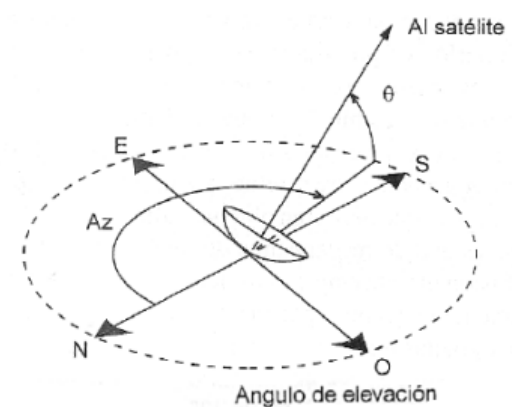


Figura 5. : Ángulos de Acimut y elevación de la antena de una estación terrena.

de referencia (Meridiano de Greenwich) y el meridiano de la ubicación, en este caso particular, de la base terrena. Toma valores positivos hacia el este de 0° a 360° .

La latitud geográfica es el ángulo vertical entre la ubicación de la estación terrena y el plano del ecuador, expresado en grados de -90° (Polo Sur) a $+90^\circ$ (Polo Norte).

El ángulo de acimut es el ángulo medido en el sentido de las manecillas del reloj entre la línea que une a la estación terrena con el norte geográfico y la proyección horizontal local de la línea de máxima radiación de la antena, que debe apuntar en la dirección hacia el satélite.

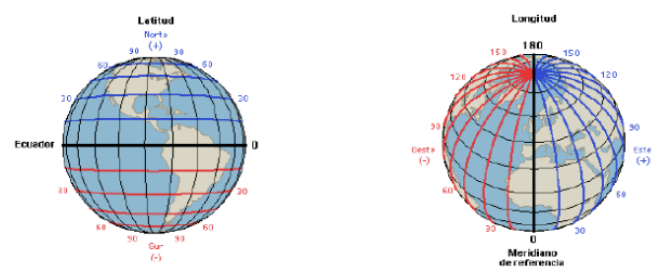


Figura 6. : Longitud y latitud.

■ Montaje.

Los desplazamientos del satélite y el tipo de la estación terrena (fija o móvil), así como su posición geográfica, sus

La longitud geográfica es el ángulo, en el plano ecuatorial, entre el meridiano

aplicaciones y las necesidades que se tengan para pruebas y mantenimiento frecuentes, determinan la estructura del montaje que la antena (cuando es directiva) debe tener. Existen tres tipos de montaje cuya forma de funcionamiento se muestra esquemáticamente en la figura 7.

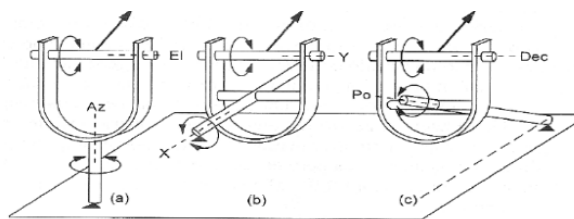


Figura 7. : Tipos de montaje.

Montaje elevación-acimut (El-Az): En este montaje la antena tiene su eje primario fijo en la dirección vertical, y al girar alrededor de él se efectúan los cambios del ángulo de acimut; su eje secundario es horizontal y con él se orienta la antena en elevación. El montaje es sencillo y tiene la ventaja de que sólo el giro en elevación puede producir deformaciones en la geometría de la antena debida a su peso. La mayoría de las antenas que requieren gran precisión de la antena o gran libertad de movimiento utilizan este montaje, como las empleadas para el seguimiento de satélites en órbita de transferencia, pero por lo general no puede apuntar muy cerca del cenit.

Montaje X-Y: Tiene su eje primario colocado horizontalmente, y el eje secundario es perpendicular a él. La configuración es práctica para rastrear con facilidad a un satélite cuando éste pasa por el cenit, puesto que se evita hacer desplazamientos de la antena tan rápidos como los que sí se necesitarían hacer con el montaje El-Az; pero resulta inadecuado para rastrear satélites en el horizonte. En general, el montaje X-Y es más apropiado para las antenas que se comunican con satélites de órbita baja que con satélites geoestacionarios.

Montaje ecuatorial: Tiene su eje primario (horario) paralelo al eje de rotación de la Tierra, y le secundario es un eje perpendicular

de declinación; como el eje primario es paralelo al eje polar de la Tierra, a este montaje se le llama polar. Normalmente se usa para montar radiotelescopios, pues permite que la antena siga a un objeto celeste con sólo girarla sobre su eje horario. La ventaja del montaje polar para los sistemas geoestacionarios de poder mantener fijo el ajuste de declinación y solo tener movimiento sobre el otro eje no puede aplicarse a estaciones terrenas grandes, porque aunque la antena apunte con gran precisión a la órbita, debido a lo agudo de su lóbulo principal, los movimientos del satélite ocasionarían pérdidas de consideración y por tanto requieren sistemas de seguimiento con movimiento en dos ejes., por esta razón es que se utilizan los otros dos tipos de montaje para satélites no solo geoestacionarios, sino también de órbitas bajas.

Rastreo:

Cuando es necesaria la reorientación ocasional hacia otros satélites o el seguimiento de un satélite geoestacionario operando en órbita inclinada, es común el empleo de motores que se controlan remotamente o se programan para un movimiento previsto. Cuanto más angosto sea el ancho del haz de la antena, y ésta esté más cerca del ecuador, el apuntamiento se vuelve más importante, en especial si el satélite está directamente "encima" de la estación. En cambio, si la estación está en una latitud alejada del ecuador, la amplitud de los movimientos del satélite tiene un impacto menor en los ajustes necesarios de la orientación de la antena para seguirlo.

Rastreo preprogramado: Consiste en determinar con anticipación los movimientos del satélite y programar acordeamente el mecanismo de orientación de la antena de la estación terrena para que lo siga. El satélite no se mueve arbitraria o aleatoriamente, sino de acuerdo con la influencia de las fuerzas perturbadoras en el espacio; por lo tanto, con programas de computadora, sus movimientos y las efemérides de su órbita pueden ser predichos. Esta técnica se utiliza en estaciones medianas en sistemas nacionales.

Rastreo por pasos: También conocido como de ascenso. A intervalos regulares, la antena detecta la intensidad de una señal guía (radiobaliza o radiofaro) emitida por el satélite; a continuación gira un poco (da un paso) alrededor de uno de sus ejes de montaje y compara la intensidad de la señal recibida con la anterior; si el nivel de la señal baja, entonces se mueve ahora en dirección opuesta, y si aumenta en ese sentido, continúa dando pasos hasta detectar el nivel máximo. Se utiliza en estaciones medianas, estaciones grandes y estaciones de barcos.

Rastreo monoimpulso: Es el más preciso y fiable para las antenas grandes, especialmente si funcionan en las bandas Ku y Ka. Su forma de operación proviene de la tecnología del radar, pues ahora la búsqueda es por un nivel mínimo de recepción de la señal guía, y para esto la antena parabólica necesita un alimentador especial. Los primeros diseños de sistemas monoimpulso utilizan cuatro antenas de bocina colocadas simétricamente alrededor del foco geométrico de la parábola; éstas reciben simultáneamente la señal guía o radiobaliza emitida por el satélite y las detecciones de las cuatro son comparadas para determinar señales de error en el apuntamiento y efectuar las correcciones necesarias. Su inconveniente es que conducen al uso de alimentadores aparatosos y complicados.

[5]

Tipos de antenas.

Hay varios tipos de antenas utilizadas en aplicaciones de comunicaciones, incluidas las estaciones terrestres satelitales. Estos tipos de antenas varían en su diseño, características de radiación y aplicaciones específicas. Algunos de los tipos de antenas comunes son:

Antenas parabólicas: Estas antenas utilizan una superficie parabólica para dirigir las ondas de radio hacia o desde el punto focal, lo que les permite enfocar las señales en una dirección específica. Son comunes en las estaciones terrestres satelitales y se utilizan para la comunicación de largo alcance con satélites en órbita.

Antenas Yagi-Uda: También conocidas como antenas Yagi, son antenas direccionales compuestas por elementos rectos paralelos dispuestos en una línea, con un elemento de transmisión activo y varios elementos reflectores y directores. Son comunes en aplicaciones de recepción de televisión, radio y comunicaciones de radio de corta distancia.

Antenas de parche: Estas antenas son antenas planas con una estructura de parche metálico o de otro material conductor, generalmente impreso en un sustrato dieléctrico. Son compactas y se utilizan en dispositivos electrónicos de consumo, como teléfonos móviles, enrutadores inalámbricos y comunicaciones de corto alcance.

Antenas de microtira: Estas antenas se construyen utilizando tecnología de microcinta y son similares a las antenas de parche. Son versátiles y se utilizan en una variedad de aplicaciones, incluidas las de comunicaciones satelitales, militares y de radar.

Antenas helicoidales: Estas antenas tienen una estructura en forma de hélice y se utilizan para aplicaciones de radiación circular polarizada, como en sistemas de comunicaciones por satélite, sistemas de navegación por satélite y aplicaciones de radioaficionados.

Antenas de matriz activa: Estas antenas consisten en una matriz de elementos radiantes individuales que se pueden controlar electrónicamente para cambiar el patrón de radiación. Se utilizan en aplicaciones que requieren un control preciso del haz, como comunicaciones satelitales, radares y sistemas de defensa.

Estos son solo algunos ejemplos de los tipos de antenas utilizadas en aplicaciones de comunicaciones, cada una con sus propias características y aplicaciones específicas según los requisitos de la red y la comunicación. [6]

III. CONCLUSIONES

•Infraestructura Esencial: Las estaciones terrestres satelitales desempeñan un papel crucial en la infraestructura de comunicaciones y observación de la Tierra. Facilitan la comunicación directa y en tiempo real con satélites, lo que respalda una amplia

gama de aplicaciones.

•**Diversidad de Aplicaciones:** Estas instalaciones se utilizan en diversas aplicaciones, como telecomunicaciones, observación de la Tierra, navegación por satélite, teledetección y más. Su versatilidad las convierte en componentes clave en numerosos campos.

•**Tecnología en Evolución:** La tecnología utilizada en las estaciones terrestres continúa evolucionando para satisfacer las crecientes demandas de comunicación y seguimiento de satélites. La mejora de los patrones de radiación y la eficiencia son aspectos importantes de esta evolución.

•**Redes Globales:** La distribución estratégica de estaciones terrestres en todo el mundo garantiza la cobertura global y la conectividad confiable.

•**Colaboración Internacional:** La cooperación internacional es común en la operación de estaciones terrestres, lo que demuestra la importancia de la colaboración.

REFERENCIAS

- [1] Sutelco.com. Retrieved November 9, 2023, de <https://www.sutelco.com/blog/qu%C3%A9-son-las-estaciones-terrestres-de-sat%C3%A9lites/>
- [2] el espacio-AEM, H. (n.d.). Estaciones terrenas para CubeSats. Hacia el espacio. Retrieved November 9, 2023, from de <https://haciaespacio.aem.gob.mx/revistadigital/articul.php?interior=247>
- [3] Redes de Acceso. (s/f). Blogspot.com. Recuperado de <https://es.overleaf.com/project/654bd2899518da8d1ee07ca00> el 4 de noviembre de 2023, de <https://redesaccesomichelle.blogspot.com/2011/07/estacion-terrena-de-comunicaciones.html>
- [4] Capítulo 3 Estaciones Terrenas. Unam.Mx:8080. Retrieved November 9, 2023, de <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/jspui/bitstream/132.248.52.100/162/6/A6.pdf>
- [5] Capítulo 3 Estaciones Terrenas. Unam.Mx:8080. Retrieved November 9, 2023, de <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/jspui/bitstream/132.248.52.100/162/6/A6.pdf>
- [6] Sistemas, A. (2023, April 13). Antenas Satélite y Terrestre. Atesel Sistemas. <https://ateselsistemas.es/antenas-satelite-y-terrestre/>